

УДК 631.172:631.1:332.36

Влияние технологических свойств рабочих участков на энергетические затраты при возделывании сельскохозяйственных культур

Одним из основных факторов, ослабляющих энергетическую безопасность Республики Беларусь, и, следовательно, противодействующих устойчивому развитию, является высокая энергоемкость экономики. В настоящее время энергосбережение в агропромышленном комплексе обеспечивается прежде всего благодаря разработке и внедрению в производство соответствующих технологий, а также модернизации сельскохозяйственной техники.

По нашему мнению, недостаточно внимания структурами отечественного АПК уделяется землеустройству, способствующему эффективному использованию земель и обладающему значительным энергосберегающим потенциалом. Размещение сельскохозяйственных культур по полям и рабочим участкам с учетом расстояний до центров производственных подразделений, дорожных условий, класса грузов, характеристик используемого транспорта, а также размеров затрат, обусловленных спецификой используемых технологий выращивания сельскохозяйственных культур, способствуют созданию условий для энергетически эффективного землепользования. В данной связи нами разрабатывается методика организации энергетически эффективного использования земель (в том числе в условиях проявления почвенной эрозии) [1].

В рамках проводимого исследования выявлена объективная необходимость определения величины энергетических затрат, обусловленных возделыванием выращиваемых в нашей стране основных сельскохозяйственных культур. Изучение специальной нормативно-справочной литературы позволило выделить основные факторы, влияющие на расход энергии [2, 3]. К ним относятся длина гона i -го рабочего участка (D_i , м), влажность его почвы (V_i , %), рельеф (R_i , °), наличие препятствий (P_i , %), каменистость (K_i , м³/га), а также перспективная урожайность основной продукции j -й сельскохозяй-

ственной культуры на i -м рабочем участке земли ($Y_{o.p. j. i}$, т/га), которая во многом зависит от уровня плодородия.

Целью данного исследования является выведение учитывающих названные факторы математических зависимостей, позволяющих определять необходимые для возделывания тех или иных сельскохозяйственных культур затраты энергии. Величина последних обусловлена характером отдельно взятых технологических процессов. Для расчетов используется формула [4]

$$Z_{э.п.р. j. i} = \sum_{k=1}^K Z_{э.к. j. i}, \quad (1)$$

где $Z_{э.п.р. j. i}$ – суммарные затраты энергии на полевые работы при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке земли, МДж/га; k – определенный технологический процесс возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке земли; K – совокупность технологических процессов, необходимых для возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке.

В ходе предыдущих исследований (результаты которых опубликованы) нам удалось вывести математические зависимости, отражающие влияние перечисленных выше факторов на энергозатраты, связанные с выполнением отдельно взятых технологических операций, осуществляемых при возделывании различных сельскохозяйственных культур с использованием техники белорусского производства [5, 6, 7]. Анализ соответствующих организационно-технологических нормативов (в процессе которого использовались методы нормативный, абстрактно-логический, статистический, индукции, дедукции и иные) позволил нам объединить основные технологические операции [4]. Применение многофакторного корреляционно-регрессионного анализа дало возможность установить математические зависимости, отражающие взаимо-

связь между перечисленными выше технологическими свойствами рабочих участков и энергетическими затратами при возделывании яровых зерновых (2), озимых зерновых (3), кукурузы на зерно (4), кукурузы на силос и зеленый корм (5), картофеля (6), корнеплодов (7), льна (8), однолетних трав при трехукосном использовании на зеленую массу (9), однолетних трав при трехукосном использовании на сено (10), многолетних трав пастбищного использования при 3-х стравливаниях в год в течение 5 лет (11).

$$Z_{\text{э.п.р.}ji} = 136 - 3,1D_i + 252,2V_i + 413,2R_i + 70,1P_i + 42,2K_i + 1110,7Y_{\text{о.п.}ji}, \quad (2)$$

$$Z_{\text{э.п.р.}ji} = -1344,3 - 2,2D_i + 196,6V_i + 324,8R_i + 61,4P_i + 34,9K_i + 1208,7Y_{\text{о.п.}ji}, \quad (3)$$

$$Z_{\text{э.п.р.}ji} = -1567 - 3,4D_i + 209,6V_i + 326,9R_i + 63,2P_i + 34,3K_i + 1643,2Y_{\text{о.п.}ji}, \quad (4)$$

$$Z_{\text{э.п.р.}ji} = 2456,8 - 2,79D_i + 199,1V_i + 237,5R_i + 60,6P_i + 37,8K_i + 37,3Y_{\text{о.п.}ji}, \quad (5)$$

$$Z_{\text{э.п.р.}ji} = 831,7 - 6,1D_i + 478,1V_i + 635,2R_i + 127,1P_i + 72,9K_i + 269,5Y_{\text{о.п.}ji}, \quad (6)$$

$$Z_{\text{э.п.р.}ji} = 978,8 - 3,64D_i + 328,6V_i + 402,5R_i + 91,7P_i + 55,25K_i + 89,9Y_{\text{о.п.}ji}, \quad (7)$$

$$Z_{\text{э.п.р.}ji} = 2730,7 - 3,3D_i + 220,9V_i + 223,9R_i + 62,5P_i + 40,3K_i + 496,7Y_{\text{о.п.}ji}, \quad (8)$$

$$Z_{\text{э.п.р.}ji} = 1454,4 - 2,8D_i + 236,4V_i + 311,3R_i + 51,3P_i + 29,1K_i + 24,8Y_{\text{о.п.}ji}, \quad (9)$$

$$Z_{\text{э.п.р.}ji} = 961,93 - 3,4D_i + 242,2V_i + 321,1R_i + 81,22P_i + 32,8K_i + 314,7Y_{\text{о.п.}ji}, \quad (10)$$

$$Z_{\text{э.п.р.}ji} = 183,8 - 0,3D_i + 31,3V_i + 34,2R_i + 7,7P_i + 6,3K_i + 4,6Y_{\text{о.п.}ji}. \quad (11)$$

Определенный научный интерес представляет анализ статистических характеристик полученных корреляционных моделей – коэффициента множественной регрессии (R), критерия Фишера (F), а также общего (R^2) и частных ($R^2(D_i)$, $R^2(V_i)$, $R^2(R_i)$, $R^2(P_i)$, $R^2(K_i)$, $R^2(Y_{\text{о.п.}ji}$) коэффициентов детерминации. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Величины коэффициентов множественной корреляции свидетельствуют о сильной связи между результативным показателем и включенными в модель факторными признаками. Значения критериев Фишера говорят об адекватности полученных моделей исследуемому процессу. Величины общих коэффициентов детерминации свидетельствуют о том, что полученными моделями объясняется от 91% до 98% изменений результативного показателя (энергетических затрат на возделывание сельскохозяйственных культур).

Таблица 1. Статистические характеристики корреляционных моделей, отражающих зависимость энергетических затрат при возделывании основных сельскохозяйственных культур от технологических свойств рабочих участков

Культуры	R	F	R^2	$R^2(D_i)$	$R^2(V_i)$	$R^2(R_i)$	$R^2(P_i)$	$R^2(K_i)$	$R^2(Y_{\text{о.п.}ji})$
Яровые зерновые	0,96	23,09	0,91	0,1	0,41	0,2	0,03	0,11	0,06
Озимые зерновые	0,96	23,19	0,91	0,09	0,39	0,19	0,04	0,1	0,11
Кукуруза на зерно	0,97	37,12	0,94	0,16	0,31	0,13	0	0,03	0,31
Кукуруза на силос и зеленый корм	0,96	28,58	0,93	0,07	0,44	0,16	0,08	0,2	0,02
Картофель	0,97	36,02	0,94	0,05	0,46	0,17	0,09	0,16	0
Корнеплоды	0,96	29,43	0,93	0,04	0,44	0,16	0,1	0,17	0,01
Лен	0,96	28,08	0,93	0,07	0,42	0,14	0,06	0,18	0,07
Однолетние травы на зеленую массу	0,99	89,13	0,98	0,06	0,53	0,23	0,07	0,11	0,03
Однолетние травы на сено	0,98	47,96	0,96	0,03	0,34	0,21	0,09	0,11	0,17
Многолетние травы	0,98	59,74	0,96	0,03	0,51	0,19	0,09	0,16	0,02

Особый интерес представляет анализ коэффициентов частной детерминации, позволяющих оценить влияние каждого факторного показателя на результат применительно к конкретным культурам. Следует подчеркнуть, что целесообразным является сравнение различных частных показателей детерминации для определенной культуры, а не коэффициентов детерминации одного и того же показателя при-

менительно к разным культурам. Это объясняется тем, что результативные показатели для различных видов растений существенно различаются.

В ходе исследования установлено, что затраты энергии при возделывании основных сельскохозяйственных культур в наибольшей степени зависят от влажности почвы рабочего участка во время проведения технологических опе-

раций. Это позволяет утверждать, что управление водно-воздушным режимом почв обрабатываемых земель, осуществляемое посредством гидромелиоративных систем и специальных агротехнических приемов, не только способствует повышению урожайности и, следовательно, увеличению выхода энергии с обрабатываемого гектара, но и позволяет значительно снизить энергозатраты на проведение основных технологических операций.

Энергосбережению также способствует учет погодных условий в период полевых работ. Установлено, что при увеличении влажности почв на 10% затраты энергии, связанные с выполнением технологических операций по возделыванию картофеля, корнеплодов и яровых зерновых, возрастают (примерно на 4440 МДж/га, 3330 МДж/га и 2520 МДж/га соответственно). В тех же условиях дополнительные затраты энергии для однолетних трав на сено достигнут 2360 МДж/га, однолетних трав на зеленую массу и льна – 2210 МДж/га, озимых зерновых – 1975 МДж/га, кукурузы – 1740 МДж/га, многолетних трав – 1440 МДж/га. Учитывая энергетический эквивалент дизельного топлива (10 МДж/кг), его энергоемкость (42,7 МДж/кг) и применяемый для перевода килограммов в литры коэффициент плотности (0,84), описанные выше потери можно представить как дополнительный расход данного ресурса за полевой период. Для картофеля он будет равен 100 л/га; корнеплодов – 75 л/га; льна, однолетних трав и яровых зерновых – 50–55 л/га; кукурузы и озимых зерновых – 40–45 л/га; многолетних трав – 35 л/га. С учетом приведенных данных, при размещении картофеля, корнеплодов, яровых зерновых и однолетних трав необходимо избегать полугидроморфных и гидроморфных почв, для которых характерно переувлажнение верхнего обрабатываемого горизонта.

Очевидно, что размеры энергозатрат при выполнении технологических операций зависят от погодных условий (определяющих влажность почвы). Результаты исследований, предпринимаемых в данном направлении, будут представлены нами в отдельных публикациях.

Иными факторами, влияющими на затраты энергии, являются угол склона обрабатываемого участка и его каменистость. Значительность первого из них свидетельствует о необходимости уделять особое внимание рельефу местности при определении границ полей и рабочих участков. Опубликованные данные свидетельствуют о том, что их размещение поперек склонов (особенно контурно-мелиоративное, по горизонталям местности) не только предот-

вращает развитие водной (склоновой) эрозии, но и способствует значительной экономии энергоресурсов [8, с. 276–278]. С увеличением угла склона в направлении обработки на 1° энергозатраты особенно сильно возрастают при возделывании картофеля, корнеплодов и яровых зерновых (примерно на 550 МДж/га, 415 МДж/га и 400 МДж/га соответственно). В тех же условиях рост энергопотребления при выращивании однолетних трав на сено составит 340 МДж/га, озимых зерновых – 325 МДж/га, однолетних трав на зеленую массу – 315 МДж/га, кукурузы на зерно – 285 МДж/га, льна – 225 МДж/га, кукурузы на силос – 210 МДж/га, многолетних трав – 185 МДж/га. Приведенная статистика подтверждает энергетическую целесообразность применения трав для залужения эродированных склонов.

Каменистость почв рабочего участка также является фактором, значительно увеличивающим расход энергии. Сравним рабочие участки, каменистость верхнего 25-сантиметрового слоя почвы первого из которых на 10 м³/га больше, чем второго. При размещении картофеля на обоих энергозатраты при обработке первого будут приблизительно на 720 МДж/га больше. Для корнеплодов соответствующая разница составит 575 МДж/га, яровых зерновых – 420 МДж/га, льна – 400 МДж/га, озимых зерновых – 350 МДж/га, кукурузы на силос – 345 МДж/га, кукурузы на зерно – 295 МДж/га, однолетних трав на зеленую массу – 295 МДж/га, однолетних трав на сено – 255 МДж/га, многолетних трав – 210 МДж/га.

Повышение урожайности на 1 ц/га приводит к увеличению энергозатрат. Их прирост для озимых и яровых зерновых составляет 120 МДж/га, кукурузы на зерно – 175 МДж/га. Данное обстоятельство важно учитывать при закупке энергоносителей к уборочной компании.

Длина гона полей и рабочих участков в направлении обработки в значительно меньшей мере влияют на затраты энергии в процессе возделывания сельскохозяйственных культур. Однако следует учитывать то, что при возделывании картофеля увеличение длины гона на 100 м способствует снижению затрат энергии приблизительно на 500 МДж/га. При выращивании в аналогичных условиях корнеплодов экономия составит около 375 МДж/га, льна – 325 МДж/га, яровых зерновых – 315 МДж/га, кукурузы на зерно – 280 МДж/га, однолетних трав на сено – 275 МДж/га, кукурузы на силос – 250 МДж/га, однолетних трав на зеленую массу и озимых зерновых – 225 МДж/га, многолетних трав – 125 МДж/га.

Для определения диапазона изменения энергозатрат при возделывании сельскохозяйственных культур нами использованы экстремальные значения факторных показателей. Результаты анализа представлены в табл. 2.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что технологические свойства полей и рабочих участков могут весьма значительно влиять на потребление энергоресурсов. При выращивании однолетних трав на зеленую массу минимальные и максимальные энергозатраты

могут различаться почти в 4, кукурузы на силос – в 5, льна – в 5,5, многолетних трав и корнеплодов – в 6, картофеля – в 6,5, яровых зерновых и однолетних трав – в 7,5, озимых зерновых – в 9,5 раз. Наиболее значительно учет агротехнических свойств рабочих участков может сказаться на затратах энергии при выращивании кукурузы на зерно. Разброс значений рассматриваемого показателя при этом может быть 18-кратным.

Таблица 2. Экстремальные величины затрат энергии, необходимой для возделывания сельскохозяйственных культур

Культуры	Значения факторных показателей												Затраты энергии, ГДж/га	
	D_p , м		V_p , %		R_p , °		P_p , %		K_p , м³/га		$Y_{опж}$, т/га			
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Яровые зерновые	100	1200	20	40	0	9	0	35	0	60	2	7	3,6	26,4
Озимые зерновые	100	1200	20	40	0	9	0	35	0	60	2	7	2,3	22
Кукуруза на зерно	100	1200	20	40	0	9	0	35	0	60	2	7	1,2	22,3
Кукуруза на силос и зеленый корм	100	1200	20	40	0	9	0	35	0	60	15	45	3,2	16,3
Картофель	100	1200	20	40	0	9	0	35	0	60	12	50	6,6	42,7
Корнеплоды	100	1200	20	40	0	9	0	35	0	60	20	80	5,1	31,6
Лен	100	1200	20	40	0	9	0	35	0	60	1	5	3,7	20,3
Однолетние травы на зеленую массу	100	1200	20	40	0	9	0	35	0	60	10	40	3,9	15,2
Однолетние травы на сено	100	1200	20	40	0	9	0	35	0	60	05	10	2,4	18,1
Многолетние травы	100	1200	20	40	0	9	0	35	0	60	10	80	2	11,7

Примечание. Урожайность трав приведена для трехукосного использования.

Анализ и сопоставление основных сельскохозяйственных культур позволяют ранжировать последние по однопроцентным значениям обусловленных их производством энергозатрат. Для многолетних трав значение данного показателя составляет 96,8 МДж/га; однолетних трав на зеленую массу – 113,6 МДж/га; кукурузы на силос – 130,6 МДж/га; однолетних трав на сено – 157,5 МДж/га; льна – 166,3 МДж/га; озимых зерновых – 196,6 МДж/га; кукурузы на зерно – 211,1 МДж/га; яровых зерновых – 227,4 МДж/га; корнеплодов – 265,1 МДж/га; картофеля – 361,2 МДж/га.

Обобщение полученных в ходе исследования результатов позволяет сделать перечисленные далее выводы.

1. Управление водно-воздушным режимом почв обрабатываемых земель, осуществляемое посредством гидромелиоративных систем и специальных агротехнических приемов, а также учет влияния погодных условий при проведении полевых работ могут значительно снизить затраты энергоресурсов в процессе возделывания сельскохозяйственных культур.

2. При размещении картофеля, корнеплодов, яровых зерновых и однолетних трав необходимо избегать полугидроморфных и гидроморфных почв.

3. Во внимание необходимо принимать не только влажность почв полей и рабочих участков, но и их рельеф, а также каменистость. Особое значение данным агротехническим свойствам обрабатываемых земель следует уделять при культивировании картофеля, корнеплодов и яровых зерновых. Учет каменистости почв необходим также при посеве льна.

4. В зерноводческих хозяйствах, имеющих значительные удельные доли посевов озимых, яровых зерновых и кукурузы в общей площади пашни, особое внимание должно уделяться ежегодному прогнозированию урожая упомянутых культур, позволяющему корректировать объемы закупок топлива на полевой (уборочный) сезон.

5. При размещении картофеля, корнеплодов, льна и яровых зерновых предпочтение следует отдавать полям и рабочим участкам, обладающим наибольшей длиной в направлении обработки.

Для сельхозпроизводителей эффективным способом экономии материальных ресурсов является учет (при размещении сельскохозяйственных культур) влияния наиболее существенно влияющих на энергозатраты технологических свойств рабочих участков. Приведенные нами математические зависимости адекватны

и в полной мере отражают исследуемые процессы. Сельхозпредприятиями они могут применяться для организации (в том числе противоэрозионной) сельскохозяйственных земель и их энергетически эффективного использования при производстве растениеводческой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колосов, Г. В. Методика обоснования энергетической эффективности организации использования пахотных земель, подверженных эрозии, в проектах землеустройства / Г. В. Колосов // Молодежь в науке-2009; редкол.: Н. П. Крутько [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2009. – С. 135–139.
2. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве: в 3-х ч.; разработ. С. В. Соусь [и др.]. – Барановичи: Баранов. укр. тип., – 2007. – Ч. 1. – 160 с.
3. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые и транспортные работы в сельском хозяйстве / Респ. нормат.-исслед. Центр Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; разработ. С. В. Соусь [и др.]. – Барановичи. – 2005. – 202 с.
4. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов. – Минск: Институт аграрной экономики НАН Беларуси, 2005. – 460 с.
5. Колосов, Г. В. Учет факторов, влияющих на эффективность возделывания сельскохозяйственных культур с использованием современной техники / Г. В. Колосов // Сб. науч. тр. / Белорус. гос. сельхоз. акад., Ин-т системных исслед. в АПК НАН Беларуси. – Минск, 2009. – Вып. 2 (9): Проблемы экономики. – С. 169–176.
6. Сельскохозяйственная техника, выпускаемая в Республике Беларусь (каталог) / А. Н. Рубаника [и др.]. – Минск: Белорусский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2002. – 88 с.
7. Витязь, П. А. Система машин на 2006–2010 годы для реализации научно-обоснованных технологий производства продукции основных сельскохозяйственных культур. Научное обеспечение технологического переоснащения сельскохозяйственного производства Государственной программы возрождения и развития села на 2005–2010 годы. / П. А. Витязь [и др.]; НАН Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Министерство промышленности Республики Беларусь, Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь – Минск, – 2005. – 75 с.
8. Волков, С. Н. Землеустройство / С. Н. Волков. – М.: Колос, 2001. – Т. 2. – 648 с.

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются методы повышения эффективности использования сельскохозяйственных земель, основанные на учете технологических свойств полей и рабочих участков.

SUMMARY

In article are considered methods of increasing to efficiency of the use the agricultural lands, founded on account technological characteristic by flap and worker area.

Поступила 23.06. 2010